

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-22421

(P 2 0 0 2 - 2 2 4 2 1 A)

(43)公開日 平成14年 1月23日(2002.1.23)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ド' (参考)
G01B 11/24		G01B 11/30	A 2F065
11/30		G01N 21/956	A 2G051
G01N 21/956			Z 5B057
		G06T 1/00	305 A 5L096
G06T 1/00	305	7/00	300 E
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全12頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2000-205037(P 2000-205037)

(22)出願日 平成12年 7月 6日(2000.7.6)

(71)出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社  
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1

(72)発明者 疋田 雄一郎

京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内

(74)代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外 2 名)

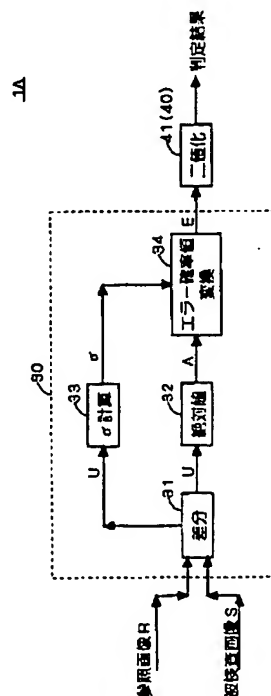
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パターン検査装置

(57)【要約】

【課題】 ノイズ成分の影響を考慮した被検査画像における欠陥検出等を行うことが可能なパターン検査装置を提供する。

【解決手段】 パターン検査装置 1 A は、被検査画像 S と参照画像 R との間の差分画像 U を生成し、当該差分画像 U の画素値に関する標準偏差  $\sigma$  を用いて当該差分画像 U における各画素の画素値をエラー確率値 E r に変換する。この変換は、差分画像 U に基づいて生成される絶対値画像 A を用いて行われる。得られたエラー確率値 E r は、被検査画像 S の各画素に関する欠陥度合いを表しており、このエラー確率値 E r と所定の閾値との大小関係に基づいて、被検査画像 S の各画素に対応する位置における被検査対象物の欠陥の有無を判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査画像と参照画像とを比較することによりパターン欠陥検査を行うパターン検査装置であって、

被検査対象物に関する被検査画像を取得する被検査画像取得手段と、

前記被検査画像の比較対象となる参照画像を取得する参照画像取得手段と、

前記参照画像と前記被検査画像との間の差分画像を生成し、当該差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該差分画像における各画素の画素値を、前記差分画像における画素値の分散状況に応じて各画素値を規格化したものとしてのエラー確率値に変換することにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得する欠陥度合い取得手段と、を備えることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項2】 請求項1に記載のパターン検査装置において、

前記参照画像取得手段は、複数の参照画像を取得し、前記欠陥度合い取得手段は、前記複数の参照画像のそれぞれと前記被検査画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、前記複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項3】 請求項2に記載のパターン検査装置において、

前記被検査対象物は、繰り返しパターンを有し、前記被検査画像取得手段は、前記被検査対象物についての撮像画像に含まれる前記繰り返しパターンの1つの単位パターンに関する画像を被検査画像として取得し、前記参照画像取得手段は、前記撮像画像に含まれる前記被検査画像以外の複数の単位パターンに関する各画像を前記複数の参照画像として取得することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項4】 請求項1に記載のパターン検査装置において、

前記被検査画像取得手段は、前記被検査対象物における同一の被検査領域についての複数の被検査画像を取得し、

前記欠陥度合い取得手段は、前記複数の被検査画像のそれぞれと前記参照画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、前記複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のパターン検査装置において、

前記欠陥度合い取得手段により得られる欠陥度合いと所定の閾値との大小関係に基づいて、前記被検査画像の各画素に対応する位置における被検査対象物の欠陥の有無を判定する判定手段、をさらに備えることを特徴とするパターン検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、カラーフィルター、シャドウマスク、プリント配線板、半導体ウエハなどにおけるパターン欠陥検査に適用可能なパターン検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】パターンを有する検査対象物（たとえば、カラーフィルター、シャドウマスク、プリント配線板、半導体ウエハなど）において、そのパターンに存在する欠陥を検出するため、その検査対象物の検査対象領域の画像（以下、「被検査画像」とも称する）に対する理想的なパターンとしての参照画像を用いて、被検査画像と参照画像との差分画像を用いることによりその欠陥の有無を検出する技術が存在する。

【0003】このような技術においては、差分画像における濃度値（差分濃度値）を所定の閾値を用いて二値化することにより欠陥の有無が判定される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の技術においては、被検査画像に含まれるノイズ成分の影響が考慮されていないため、その欠陥判定のための閾値を適切に設定することが困難であるという問題を有している。

30 【0005】図14は、差分画像に含まれる複数の画素の画素値についての分布についての2つの例（a）、（b）を表す図である。それぞれの例において、横軸は、差分画像Uにおける各画素の画素値（差分濃度値）を表し、縦軸は、各差分濃度値を有する画素の数（分布画素数）を表している。図14（a）は、ノイズ成分が多い差分画像についてのグラフであり、図14（b）は、ノイズ成分が少ない差分画像についてのグラフである。

40 【0006】たとえば、この図14に示すように、そのノイズ成分が多い差分画像（a）およびノイズ成分が少ない差分画像（b）のいずれの場合にも同一の閾値を定めるときには、一方の場合においては、正確な欠陥判定が可能であるが、他方の場合においては、誤判定を行うことになることがある。すなわち、図14（b）の差分画像に対する最適閾値Vbを図14（a）の差分画像に用いると、図14（a）に示すようにノイズ成分を欠陥として誤判定することがある。また逆に、図14（a）の差分画像に対する最適閾値Vaを図14（b）の差分

画像に用いると、本来の欠陥成分を欠陥として検出できないこともある。

【0007】また、それぞれの場合について別個の閾値を定める場合においても、どのような基準によりその適切な閾値を定めるかということが非常に困難であるという問題をも有していた。

【0008】そこで、本発明は前記問題点に鑑み、ノイズ成分の影響を考慮した被検査画像における欠陥検出等を行うことが可能なパターン検査装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、被検査画像と参照画像とを比較することによりパターンの欠陥検査を行うパターン検査装置であって、被検査対象物に関する被検査画像を取得する被検査画像取得手段と、前記被検査画像の比較対象となる参照画像を取得する参照画像取得手段と、前記参照画像と前記被検査画像との間の差分画像を生成し、当該差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該差分画像における各画素の画素値を、前記差分画像における画素値の分散状況に応じて各画素値を規格化したものとしてのエラー確率値に変換することにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得する欠陥度合い取得手段と、を備えることを特徴とする。

【0010】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のパターン検査装置において、前記参照画像取得手段は、複数の参照画像を取得し、前記欠陥度合い取得手段は、前記複数の参照画像のそれぞれと前記被検査画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、前記複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得することを特徴とする。

【0011】請求項3に記載の発明は、請求項2に記載のパターン検査装置において、前記被検査対象物は、繰り返しパターンを有し、前記被検査画像取得手段は、前記被検査対象物についての撮像画像に含まれる前記繰り返しパターンの1つの単位パターンに関する画像を被検査画像として取得し、前記参照画像取得手段は、前記撮像画像に含まれる前記被検査画像以外の複数の単位パターンに関する各画像を前記複数の参照画像として取得することを特徴とする。

【0012】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載のパターン検査装置において、前記被検査画像取得手段は、前記被検査対象物における同一の被検査領域についての複数の被検査画像を取得し、前記欠陥度合い取得手段は、前記複数の被検査画像のそれぞれと前記参照画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における

各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、前記複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、前記被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得することを特徴とする。

【0013】請求項5に記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記欠陥度合い取得手段により得られる欠陥度合いと所定の閾値との大小関係に基づいて、前記被検査画像の各画素に対応する位置における被検査対象物の欠陥の有無を判定する判定手段、をさらに備えることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】< A. 第1実施形態> 図1は、本発明の第1実施形態に係るパターン検査装置1(1A)の構成を表す概略図である。パターン検査装置1Aは、検査対象となる対象物(被検査対象物)2を載置するXYテーブル3と、XYテーブル3をX方向およびY方向にそれぞれ駆動するモータ4a、4bなどを含む駆動部4と、被検査対象物2を撮像するCCDラインセンサ5とを備える。ここでは、被検査対象物2として半導体ウエハWを検査する場合を想定し、図2にその詳細を表す平面図を示す。図2に示すように、半導体ウエハWは、複数の単位パターンである「ダイ(die)」2aがX方向およびY方向にそれぞれ繰り返しマトリクス状に配列されている構造を有する。

【0015】また、パターン検査装置1Aは、被検査対象物2に関する被検査画像Sを取得する被検査画像取得部10と、被検査画像Sの比較対象となる参照画像Rを取得する参照画像取得部20と、参照画像Rと被検査画像Sとの間の差分画像Uを生成し当該差分画像Uの画素値に関する標準偏差を用いて当該差分画像Uにおける各画素の画素値をエラー確率値(後述する)に変換することにより被検査画像Sの各画素に関する欠陥度合いを取得する欠陥度合い取得部30と、欠陥度合い取得部30により得られる欠陥度合いと所定の閾値との大小関係に基づいて被検査画像Sの各画素に対応する位置における被検査対象物2の欠陥の有無を判定する欠陥判定部40とを備える。

【0016】ここで、被検査画像取得部10は、CCDラインセンサ5を介して得られる被検査対象物2についての撮像画像に含まれる1つの単位パターンを被検査画像として取得する処理を行う。

【0017】具体的には、XYテーブル3のY方向

(-)の移動に伴い、CCDラインセンサ5が被検査対象物2に対して相対的にY方向(+)に移動し、被検査対象物2上をY方向(+)に一定速度で走査を行う。このようなY方向の走査によって、被検査対象物2を撮像した画像(以下、「撮像画像」とも称する)を得ることができる。そして、被検査画像取得部10により、この撮像画像に含まれる複数の単位パターンのうちの任意の

10

20

30

40

50

1つの単位パターンが被検査画像Sとして取得される。このようにして得られた被検査画像Sについて後述のパターン検査動作が行われる。

【0018】その後、CCDラインセンサ5は、被検査対象物2に対してX方向(+)に所定幅(たとえば幅 $\times a$ )だけ相対的に移動した後、相対的にY方向(-)に移動し走査することによっても、同様の被検査画像Sを得ることができる。さらに、X方向(+)の移動動作と、Y方向(+, -)への走査動作とを順次に繰り返すことにより、同様の被検査画像Sを得て、パターン検査動作を繰り返して行うことができる。

【0019】また、参照画像取得部20は、被検査画像Sの比較対象となる参照画像Rを取得する。この参照画像Rとしては、CADデータなどを用いて理想的な単位パターンのデータを取得しておくことができる。

【0020】図3は、欠陥度合い取得部30および欠陥判定部40の機能ブロック図である。欠陥度合い取得部30は、差分処理部31、絶対値算出処理部32、 $\sigma$ 計算部33、およびエラー確率値変換部34を有している。また、欠陥判定部40は、二値化処理部41を有している。

【0021】図3を参照しながら、これらの欠陥度合い取得部30および欠陥判定部40の構成および動作について説明する。なお、これらの欠陥度合い取得部30および欠陥判定部40による動作に移行する以前において、上述したようにして、被検査画像取得部10により被検査画像Sが取得され、参照画像取得部20により参照画像Rが取得されているものとする。

【0022】まず、差分処理部31は、参照画像Rと被検査画像Sとの間の差分画像Uを生成する。具体的には、両画像R, Sにおいて対応する位置に存在する各画素の画素値の差分値(差分濃度値)を算出することにより差分画像Uを生成する。

【0023】また、絶対値算出処理部32は、差分処理部31により生成された差分画像Uに基づいて絶対値画像Aを算出する処理を行う。この絶対値算出処理部32により、エラー確率値変換部34において用いられる絶対値画像Aをあらかじめ生成しておくことができる。

【0024】さらに、 $\sigma$ 計算部33は、差分処理部31により生成された差分画像Uの画素値に関する標準偏差 $\sigma$ を算出する。具体的には、差分画像Uに含まれる複数の画素(たとえば全ての画素)について、その画素値に関する統計処理を行い標準偏差 $\sigma$ を求める。この標準偏差 $\sigma$ はエラー確率値変換部34において用いられる。

【0025】そして、エラー確率値変換部34は、 $\sigma$ 計算部33において算出された標準偏差 $\sigma$ を用いて、差分画像Uにおける各画素の画素値をエラー確率値Erに変換したエラー確率値画像Eを得ることにより、被検査画像Sの各画素に関する欠陥度合いを取得する。このエラー確率値画像Eの各画素の画素値(すなわちエラー確率

値Er)が、「欠陥度合い」を表すことになる。

【0026】この「欠陥度合い」は、各画素が真欠陥である度合いを表す指標値であり、その画素欠陥の致命度を表す「欠陥致命度」と表現することもできる。なお、ここでは、エラー確率値変換部34によりエラー確率値を算出するにあたって、差分画像Uから生成された絶対値画像Aを用いて間接的に算出する場合を例示するが、これに限定されず、差分画像Uにおける各画素の画素値を直接的に用いて算出してもよい。

【0027】具体的には、次の数1にしたがって、絶対値画像Aの各画素の画素値(濃度値) $i$ がエラー確率値Er( $i$ )に変換される。

【0028】

【数1】

$$Er(i) = \frac{i}{c \times \sigma}$$

(但し、Er( $i$ )が1.0を超えた場合、)  
Er( $i$ )=1.0とする。

【0029】ここで、 $i$ は絶対値画像Aの各画素の画素値(以下、「差分絶対濃度値」とも称する)、 $\sigma$ は差分画像の標準偏差、 $c$ はパラメータ係数、Er( $i$ )は差分絶対濃度値 $i$ のエラー確率値を表す。

【0030】また、図4は、差分絶対濃度値 $i$ からエラー確率値Erへの変換を行う変換関数を表す図である。図4においては、横軸は差分絶対濃度値 $i$ を表し、縦軸はエラー確率値Erを表している。この図4に示されるように、所定の範囲の差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値Erとが線形関係を有した状態で対応づけられている。言い換えれば、0(ゼロ)から、パラメータ係数 $c$ に標準偏差 $\sigma$ を乗じた値( $c \times \sigma$ )までの各差分絶対濃度値 $i$ が、0.0から1.0までの各エラー確率値Erに対応づけられている。

【0031】ここで、パラメータ係数 $c$ は、レンジ調整を行うパラメータであり、値( $c \times \sigma$ )を有する差分絶対濃度値 $i$ がエラー確率値Erの最大値(1.0)に対応づけられるように標準化される。このパラメータ係数 $c$ を調整することによって差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値Erとの対応関係をより適切に規定することができる。たとえば、画素分布が正規分布であると仮定できる場合には、正規分布における値( $-c \times \sigma$ )から値( $c \times \sigma$ )までの確率分布密度関数の積分値が $c=3$ のときに95.44%、 $c=4$ のときに99.9999%となることに対応して、 $c=2 \sim 4$ の値を選択することなどが可能である。

【0032】なお、この差分絶対濃度値 $i$ からエラー確率値Erへの変換動作は、差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値Erとの関係をあらかじめ格納したルックアップテーブル(LUT)に基づいて行うことも可能である。

【0033】算出された各エラー確率値  $E_r$  は、被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを表す指標値であり、また、差分画像  $U$  の画素値の分散状況を反映した標準偏差  $\sigma$  を用いて差分画像  $U$  の各画素の画素値（ここでは差分絶対濃度値  $i$ ）を標準化（あるいは規格化）したものであるといえる。このエラー確率値  $E_r$  によれば、差分画像  $U$  に含まれるノイズ成分によるばらつきを平準化して、統一的な扱いを行うことが可能である。すなわち、エラー確率値  $E_r$  を用いて欠陥の判定を行うことにより、ノイズ成分の多少にかかわらず、統一的な扱いが可能になる。

【0034】また、二値化処理部 41 は、欠陥度合い取得部 30 において取得された欠陥度合いを表すエラー確率値  $E_r$  を所定の閾値と比較した大小判定の比較結果に応じて、欠陥であるか否かについて二値化する処理部である。これにより、被検査画像  $S$  の各画素に対応する位置における被検査対象物 2 の欠陥の有無を判定することができる。

【0035】図 5 (a), (b), (c) は、差分画像  $U$  に含まれる複数の画素の画素値についての統計分布を表す図である。このうち、図 5 (a), (b) においては、横軸は、差分画像  $U$  における各画素の画素値（差分濃度値）を表し、縦軸は、各差分濃度値を有する画素の数（分布画素数）を表している。なお、この図では、差分絶対濃度値ではなく差分濃度値を用いて表しているが、差分絶対濃度値で議論する場合には各グラフの左側半分を右側半分に加算して議論すればよい。また、図 5 (a) は、ノイズ成分が多い差分画像についてのグラフであり、図 5 (b) は、ノイズ成分が少ない差分画像についてのグラフである。なお、図 5 (a) および図 5 (b) は、それぞれ、図 14 (a) および図 14 (b) と同様の状態を表す図である。

【0036】そして、差分画像  $U$  に関する画素の分布曲線が、ノイズ成分が多い場合（図 5 (a)）、ノイズ成分が少ない場合（図 5 (b)）のいずれの場合も同一種類の分布曲線（たとえば正規分布）で表される場合において、各差分絶対濃度値  $i$  をエラー確率値  $E_r$  に変換すると、図 5 (c) に示すように、図 5 (a) および図 5 (b) のいずれの場合のグラフも（理論的には）同一の分布曲線に標準化される。図 5 (c) においては、縦軸は、上記 (a), (b) と同様、各差分濃度値を有する画素の数（分布画素数）を表しているが、横軸は、差分絶対濃度値  $i$  に代わって差分画像  $U$  における各画素のエラー確率値  $E_r$  を表している。このように、ノイズ成分が多い場合 (a)、ノイズ成分が少ない場合 (b) のいずれの場合も同一のグラフ (c) で扱うこと、すなわち統一的に扱うことができるのである。このように、このエラー確率値  $E_r$  への変換は、差分絶対濃度値  $i$  を標準化することに相当する。

【0037】したがって、標準偏差  $\sigma$  を用いて標準化さ

れたエラー確率値  $E_r$  に対して、統計学的な考察を加えることにより適切な閾値をより容易に設定することができるので、被検査画像  $S$  に含まれるノイズ成分の影響を考慮して、欠陥判定に用いる閾値を適切に設定することが可能になる。すなわち、ノイズ成分が多い場合

(a)、ノイズ成分が少ない場合 (b) のいずれの場合にも、エラー確率値  $E_r$  に対する同一の閾値により適切な欠陥判定を行うことができる。

【0038】以上のように、この第 1 実施形態のパターン検査装置 1A によれば、参照画像  $R$  と被検査画像  $S$  との間の差分画像  $U$  を生成し、当該差分画像  $U$  の画素値に関する標準偏差  $\sigma$  を用いて当該差分画像  $U$  における各画素の画素値をエラー確率値  $E_r$  に変換することにより、被検査画像  $S$  の各画素に関する欠陥度合いを取得することができる。したがって、欠陥度合いを評価するにあたって、標準偏差を用いて一般化された指標を得ることにより、客観的な評価を容易に行うことができる。また、このエラー確率値  $E_r$  で表される欠陥度合いに関し、適切に定められた閾値との大小関係を求めることにより、差分画像  $U$  における各画素の欠陥の有無をより適切に判定することができる。ここにおいて、上記のエラー確率値  $E_r$  が標準化されているので、所定の閾値を適切に決定することが容易になる。

【0039】< B. 第 2 実施形態 > 上記第 1 実施形態においては、参照画像取得部 20 において、被検査画像  $S$  の比較対象となる単一の参照画像  $R$  を取得し、この単一の参照画像  $R$  と被検査画像  $S$  との比較により、被検査画像  $S$  の欠陥判定を行う場合について説明したが、この第 2 実施形態においては、複数の参照画像  $R$  を用いて被検査画像  $S$  の欠陥判定を行う場合について説明する。

【0040】第 2 実施形態に係るパターン検査装置 1 (1B) は、第 1 実施形態と類似の構成を有しており、以下では、主に相違点を中心に説明する。

【0041】この第 2 実施形態においては、繰り返しパターンを有する被検査対象物を CCD ラインセンサ 5 により撮像し、その撮像画像に含まれる複数の単位パターンのうちの任意の 1 つの単位パターンに関する画像を被検査画像取得部 10 により被検査画像  $S$  として取得し、被検査画像  $S$  以外の複数の単位パターンのそれぞれに関する画像を参照画像取得部 20 により複数の参照画像  $R$  として取得する場合について説明する。具体的には、図 2 に示すように、繰り返しパターンを有する被検査対象物 2 (半導体ウエハ  $W$ ) の Y 方向に配列する複数の単位パターンのうち、単位パターン  $P_B$  に関する画像を被検査画像  $S$  として取得し、2 つの単位パターン  $P_A$ ,  $P_C$  に関する画像のそれぞれを参照画像  $R$  として取得する場合について説明する。

【0042】図 6 は、第 2 実施形態に係る欠陥度合い取得部 30 (30B) および欠陥判定部 40 (40B) の機能ブロック図である。欠陥度合い取得部 30B は、差

分処理部 31a, 31b, 絶対値算出処理部 32a, 32b,  $\sigma$  計算部 33a, 33b, エラー確率値変換部 34a, 34b, および積算部 35 を有している。また、欠陥判定部 40 は、二値化処理部 41 を有している。

【0043】図 6 を参照しながら、これらの欠陥度合い取得部 30B および欠陥判定部 40B の構成および動作について説明する。なお、これらの欠陥度合い取得部 30B および欠陥判定部 40B による動作に移行する以前において、上述のようにして、被検査画像取得部 10 により被検査画像 S が取得され、参照画像取得部 20 により複数（ここでは 2 つ）の参照画像 R が取得されているものとする。

【0044】図 7 (a) ~ (c) は、それぞれ、単位パターン PA, PB, PC に関する各画像の画素の画素値を模式的に示した図であり、簡略化のため、その一部の画素の画素値が 1 次元的に配列されるものとして示されている。また、図 8 から図 11 は、これらの各単位パターン PA, PB, PC に関する各画像を用いた後述の各処理における処理結果を模式的に示す図である。なお、ここでは、3 番目、11 番目の画素が真欠陥である場合について、これらの真欠陥を欠陥画素として適切に検出する場合を例示する。

【0045】まず、差分処理部 31a は、参照画像 R（単位パターン PA に関する画像）と被検査画像 S（単位パターン PB に関する画像）との間の差分画像 U を生成する。具体的には、両画像 R, S において対応する位置に存在する各画素の画素値の差分濃度値を算出することにより差分画像 U (AB) を生成する。同様に、差分処理部 31b は、参照画像 R（単位パターン PC）と被検査画像 S（単位パターン PB）との間の差分画像 U (BC) を生成する。

【0046】また、絶対値算出処理部 32a は、差分処理部 31a により生成された差分画像 U (AB) に基づいて絶対値画像 A (AB) を算出する処理を行う。同様に、絶対値算出処理部 32b は、差分処理部 31b により生成された差分画像 U (BC) に基づいて絶対値画像 A (BC) を算出する処理を行う。

【0047】図 8 は、このようにして得られた絶対値画像 A の各画素の画素値を模式的に示す図である。図 8 (a) は、絶対値画像 A (AB) を表し、図 8 (b) は、絶対値画像 A (BC) を表している。

【0048】さらに、 $\sigma$  計算部 33a は、差分処理部 31a により生成された差分画像 U (AB) の画素値に関する標準偏差  $\sigma$  (AB) を算出し、 $\sigma$  計算部 33b は、差分処理部 31b により生成された差分画像 U (BC) の画素値に関する標準偏差  $\sigma$  (BC) を算出する。

【0049】そして、エラー確率値変換部 34a は、 $\sigma$  計算部 33a において算出された標準偏差  $\sigma$  (AB) を用いて、絶対値画像 A (AB) における各画素の画素値をエラー確率値 E r に変換したエラー確率値画像 E (A

B) を得る。同様に、エラー確率値変換部 34b は、 $\sigma$  計算部 33b において算出された標準偏差  $\sigma$  (BC) を用いて、絶対値画像 A (BC) における各画素の画素値をエラー確率値 E r に変換したエラー確率値画像 E (BC) を得る。この変換動作についても、上記第 1 実施形態と同様であり、数 1 などの関係で表される変換式に基づいて変換動作を行うことなどができる。

【0050】図 9 は、このようにして得られたエラー確率値画像 E の各画素の画素値を模式的に示す図である。

図 9 (a) は、エラー確率値画像 E (AB) を表し、図 9 (b) は、エラー確率値画像 E (BC) を表している。

【0051】さらに、積算部 35 は、上記において得られたエラー確率値画像 E (AB) とエラー確率値画像 E (BC) とに基づいて積算画像 E P を求める。具体的には、エラー確率値画像 E (AB) およびエラー確率値画像 E (BC) の各対応画素同士の画素値を積算することにより、その積算画像 E P の各画素の画素値を求める。ただし、ここではより一般化するため、数 2 に示すように、相乗平均を求めている。

【0052】

【数 2】

$$EP = \sqrt{E(AB) \times E(BC)}$$

【0053】なお、記号 E (AB), E (BC), EP は、本来画像全体を表すものとして用いている記号であるが、数 2 においては、各エラー確率値画像 E (AB), E (BC) および積算画像 E P の各画素毎にその画素値を求める場合を総合して表記するものとする。また、ここでは、2 つのエラー確率値画像 E を用いて積算画像 E P を求める場合について説明したが、n 個のエラー確率値画像 E を用いて積算画像 E P を求める場合には、n 個のエラー確率値画像 E における対応画素の積算値の n 乗根を、積算画像 E P の各画素の画素値として求めればよい。

【0054】この第 2 実施形態においては、このようにして得られた積算画像 E P の各画素の画素値が、被検査画像 S の各画素に関する欠陥度合いを表す。すなわち、「欠陥度合い」は、エラー確率値画像 E (AB) およびエラー確率値画像 E (BC) における対応画素の画素値（すなわちエラー確率値 E r）同士の積（より正確には相乗平均）として、欠陥度合い取得部 30 により取得される。

【0055】図 10 は、このようにして得られた積算画像 E P の各画素の画素値を模式的に示す図である。

【0056】そして、二値化処理部 41 は、積算画像 E P における各画素の画素値（すなわち、積算されたエラー確率値 E r）を所定の閾値と比較し、その比較結果に応じて二値化する処理部である。これにより、被検査画像 S の各画素に対応する位置における被検査対象物 2 の



欠陥の有無を判定することができる。具体的には、これらの値を適宜の閾値で二値化することにより、図11に示すように、欠陥画素が1、正常画素が0となるように、検査結果信号として出力される。

【0057】図11は、このようにして得られた欠陥の有無の判定結果を模式的に示す図である。

【0058】ここで、一般に、信号に含まれるノイズは、発生位置および発生強度ともにランダムであり、3つの単位パターンPA、PB、PCに関する各画像信号において、同一位置かつ同一強度のノイズが発生する可能性は低いものと考えられる。したがって、エラー確率値画像E(AB)およびエラー確率値画像E(BC)のエラー確率値Erがいずれも大きな値となる場合、すなわち積算画像EPの画素値が大きくなる場合には、その画素が真欠陥である確率が非常に高いと考えられる。たとえば、図7に示す第3番目の画素(真欠陥)については、図9に示すように、エラー確率値画像E(AB)およびエラー確率値画像E(BC)のエラー確率値Erがいずれも大きな値となるため、図10に示すように、両者の積算値である積算画像EPの画素値も大きな値になる。また、真欠陥である第11番目の画素についても同様である。

【0059】一方、3つの単位パターンPA、PB、PCの信号のうちいずれか1つの信号にノイズが発生した場合には、絶対値画像A(AB)、A(BC)のうちの一方が小さな値となる。したがって、2つのエラー確率値画像E(AB)、E(BC)のうちの一方も小さな値となるので、これらのエラー確率値画像E(AB)、E(BC)の各画素の積として求められた積算画像EPにおける値も比較的小さな値となる。たとえば、図7に示すように、単位パターンPAの6番目の画素位置の信号にノイズが含まれている場合であっても、図9に示すように、エラー確率値画像E(AB)のエラー確率値Erは大きな値となるものの、エラー確率値画像E(BC)のエラー確率値Erは小さな値となるため、図10に示すように、積算画像EPにおける両者の積算値(図10の6番目の値)は比較的小さな値となる。

【0060】このように、2つのエラー確率値Erを積算することにより、ノイズの影響が低減され、欠陥画素と正常画素とをより適切に分離することが可能になる。

【0061】ここで、2つのエラー確率値Erの情報を利用する技術として、2つのエラー確率値Erを所定の閾値でそれぞれ二値化した後にそれらの論理積(AND)をとる技術を用いることも可能ではある。しかしながら、このような技術を用いた場合、論理積をとる以前にエラー確率値Erの多段階の階調値(多値)の情報が二値化されてその情報量が減少しているため、十分にその情報を活用できているとはいえない。

【0062】一方、この実施形態の技術によれば、二値化処理を行う前の段階において多値のエラー確率値Er

の積をとることによって、その積算時においては未だ二値化による情報の欠損を発生させず、より多くの情報を活用するようにすることができる。すなわち、この積算値(積算画像EP)は、各エラー確率値Erの多値の情報を十分に活用した上で得られる値である。したがって、多値の情報を十分に活用して得た積算値(積算画像EP)に基づいて欠陥の有無を判定することができるので、高い精度で欠陥画素を検出することが可能である。

【0063】さらに、この実施形態においては、2つの差分画像Uの各画素の画素値を標準偏差σを用いて標準化した2つのエラー確率値Erの積(より厳密には相乗平均)を用いることにより欠陥度合いを求めている。したがって、積算画像EPの各画素値は、第1実施形態と同様、標準偏差を用いて標準化された指標として得られており、欠陥度合いを評価するにあたって、客観的な評価指標として用いることができる。したがって、適切に定められた閾値との大小関係を求めることにより、被検査画像Sにおける各画素の欠陥の有無をより適切に判定することができる。

【0064】<C. その他>上記各実施形態においては、1つの被検査画像Sに対して1つまたは複数の参照画像Rを用いてパターン検査を行う場合について説明したが、これに限定されず、被検査対象物2における同一の被検査領域について複数の被検査画像Sを取得し、これらの複数の被検査画像Sに対して、1つまたは複数の参照画像Rを用いてパターン検査を行うことにより、その被検査領域の欠陥検査を行ってもよい。

【0065】たとえば、被検査対象物2における同一の被検査領域について、時間的に異なる時点で2つの被検査画像Sを撮像し、これらの2つの被検査画像Sのそれぞれと1つの参照画像Rとの間の2つの差分画像Uを生成し、これら2つの差分画像Uに対して、第2実施形態と同様の動作を行えばよい。具体的には、各差分画像Uの画素値に関する標準偏差σを用いて当該各差分画像Uにおける各画素の画素値をエラー確率値Erに変換し、さらに、2つの差分画像Uにわたる対応画素のエラー確率値Erの積を求めることにより、被検査画像Sの各画素が欠陥である度合いを取得することができる。これによっても、被検査画像Sにおける各画素の欠陥度合いを精度良く取得することができる。

【0066】なお、ここでは、2つの被検査画像Sを取得する場合について説明したが、これに限定されず、3つ以上の被検査画像Sを取得して同様の動作を行ってもよい。また、これら複数の被検査画像Sのそれぞれと、複数の参照画像Rのそれぞれとの差分画像Uを複数取得して、同様の動作を行ってもよい。

【0067】また、上記各実施形態においては、差分絶対濃度値iからエラー確率値Erを算出するにあたって、図4に示されるような変換関数(数1参照)を用いたが、これに限定されない。

10

20

30

40

50

【0068】たとえば、図12に示されるように、0.0および1.0以外の値のエラー確率値 $E_r$ を与える差分絶対濃度値 $i$ のレンジを変更してもよい。図12の場合は、値 $(C_{min} \times \sigma)$ から値 $(C_{max} \times \sigma)$ までの差分絶対濃度値 $i$ に対して、0.0から1.0のエラー確率値 $E_r$ を線形関係を有するように対応づけ、0.0から値 $(C_{min} \times \sigma)$ までの差分絶対濃度値 $i$ に対してはエラー確率値 $E_r = 0$ 、値 $(C_{max} \times \sigma)$ から最大値(255)までの差分絶対濃度値 $i$ に対してはエラー確率値 $E_r = 1.0$ とするように対応づける場合が

示されている。この場合、特に欠陥判別に大きく寄与する範囲(閾値近傍の範囲)において、より大きくエラー確率値 $E_r$ が変化するように変換することができる。したがって、閾値近傍において高感度に変化するエラー確率値 $E_r$ を得ることができる。

【0069】さらに、図4および図12においては、差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値 $E_r$ とが線形関係を有する場合について説明したが、これに限定されず、差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値 $E_r$ とが非線形の関係を有していてもよい。たとえば、図13は、差分絶対濃度値 $i$ とエラー確率値 $E_r$ との関係がシグモイド関数を用いて表現される場合を示している。このような変換関数を用いても上記の変換動作を行うことができる。

【0070】また、上記各実施形態では、半導体ウエハ上の単位パターンとして「ダイ」が繰り返し配列されている場合について説明したが、これに限定されず、「ダイ」内部に存在する、さらに小さなパターンを「単位パターン」としてもよい。さらには、「単位パターン」としては、2次元的な領域を採用することに限定されず、1次元的な領域を採用してもよい。すなわち、1ライン上に存在する複数の画素のまとまりを「単位パターン」(したがって、被検査画像 $S$ または参照画像 $R$ )として採用してもよい。

【0071】さらに、上記実施形態においては、標準偏差 $\sigma$ を各差分画像 $U$ ごとに統計処理を行うことにより算出していたが、これに限定されない。たとえば、差分画像 $U$ 内の所定のライン毎あるいは特定の指定領域ごとに統計処理を行って標準偏差 $\sigma$ を算出してもよい。この場合には、より局所的な標準偏差 $\sigma$ を得ることができるので、差分画像 $U$ における局所的な変動に追従することが可能になるなどさらに柔軟な対応が可能になる。

【0072】また、上記各実施形態においては、被検査対象物として半導体ウエハを例示したが、これに限定されず、単位パターンを有するもの、あるいは繰り返しパターンを有するものであればよく、たとえば、カラーフィルター、シャドウマスク、プリント配線板などであってもよい。

【0073】さらに、上記実施形態においては、差分画像 $U$ の画素値に関する「標準偏差」を用いてその差分画像 $U$ における各画素の画素値をエラー確率値に変換する

ことにより、被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得していたが、たとえば、標準偏差の2乗である「分散」を用いることも、「標準偏差」を用いることと等価である。したがって、本明細書においては、「分散を用いること」も「標準偏差を用いる」という概念に含まれるものとする。

【0074】

【発明の効果】以上のように、請求項1ないし請求項5に記載の発明によれば、参照画像と被検査画像との間の差分画像を生成し、当該差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換することにより、被検査画像の各画素に関する欠陥度合いを取得することができる。したがって、欠陥度合いを評価するにあたって、標準偏差を用いて一般化された指標を得ることにより、客観的な評価を容易に行うことができる。

【0075】特に、請求項2に記載の発明によれば、参照画像取得手段は、複数の参照画像を取得し、欠陥度合い取得手段は、複数の参照画像のそれぞれと被検査画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、被検査画像の各画素が欠陥である度合いを取得する。ここで、多段階の値を有するエラー確率値の積を用いることにより欠陥度合いを取得するので、より多くの情報量に基づいてその欠陥度合いを取得することができる。したがって、より正確な欠陥度合いの取得が可能になる。

【0076】また、請求項3に記載の発明によれば、被検査画像取得手段は、繰り返しパターンを有する被検査対象物についての撮像画像に含まれる1つの単位パターンに関する画像を被検査画像として取得し、参照画像取得手段は、撮像画像に含まれる被検査画像以外の複数の単位パターンに関する各画像を複数の参照画像として取得する。したがって、参照画像が理論的に理想的な画像でない場合であっても、撮像画像に含まれる被検査画像以外の複数の単位パターンと被検査画像との複数の差分画像について、それらの複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることにより、前記被検査画像の各画素が欠陥である度合いを取得することができる。

【0077】さらに、請求項4に記載の発明によれば、被検査画像取得手段は、同一の被検査領域についての複数の被検査画像を取得し、欠陥度合い取得手段は、複数の被検査画像のそれぞれと前記参照画像との間の複数の差分画像を生成し、当該各差分画像の画素値に関する標準偏差を用いて当該各差分画像における各画素の画素値をエラー確率値に変換し、さらに、前記複数の差分画像にわたる対応画素のエラー確率値の積を求めることによ



り、前記被検査画像の各画素が欠陥である度合いを取得することができる。したがって、同一の被検査領域に関する複数の被検査画像の各画素が欠陥である度合いを精度良く取得することができる。

【0078】また、請求項5に記載の発明によれば、判定手段は、欠陥度合い取得手段により得られる欠陥度合いと所定の閾値との大小関係に基づいて、欠陥の有無を判定するので、被検査対象物の欠陥の有無を精度良く判定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るパターン検査装置1Aの構成を表す概略図である。

【図2】半導体ウエハWの詳細を表す平面図である。

【図3】欠陥度合い取得部30および欠陥判定部40の機能ブロック図である。

【図4】差分絶対濃度値*i*からエラー確率値*E<sub>r</sub>*への変換を行う変換関数を表す図である。

【図5】差分画像Uに含まれる複数の画素についての画素分布を表す図である。

【図6】第2実施形態に係る欠陥度合い取得部30（30B）および欠陥判定部40（40B）の機能ブロック図である。

【図7】単位パターンPA、PB、PCについての各画素の画素値を模式的に示した図である。

【図8】絶対値画像Aの各画素の画素値を模式的に示す

図である。

【図9】エラー確率値画像Eの各画素の画素値を模式的に示す図である。

【図10】積算画像EPの各画素の画素値を模式的に示す図である。

【図11】欠陥の有無の判定結果を模式的に示す図である。

【図12】別の変換関数を表す図である。

【図13】さらに別の変換関数を表す図である。

10 【図14】従来技術を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

1, 1A, 1B パターン検査装置

2 被検査対象物

2a ダイ

3 XYテーブル

5 CCDラインセンサ

A 絶対値画像

EP, 積算画像

PA, PB, PC 単位パターン

R 参照画像

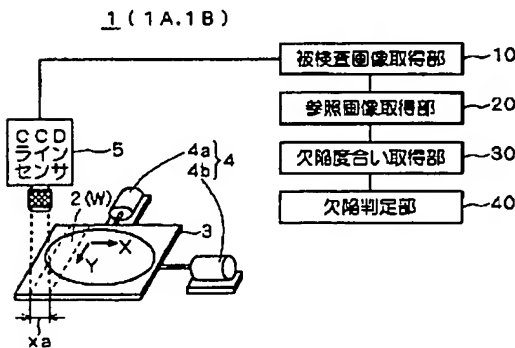
S 被検査画像

U 差分画像

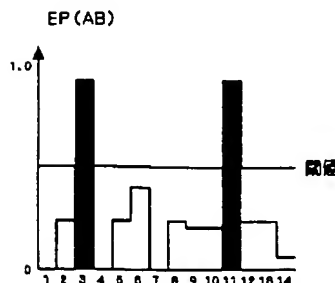
W 半導体ウエハ

$\sigma$  標準偏差

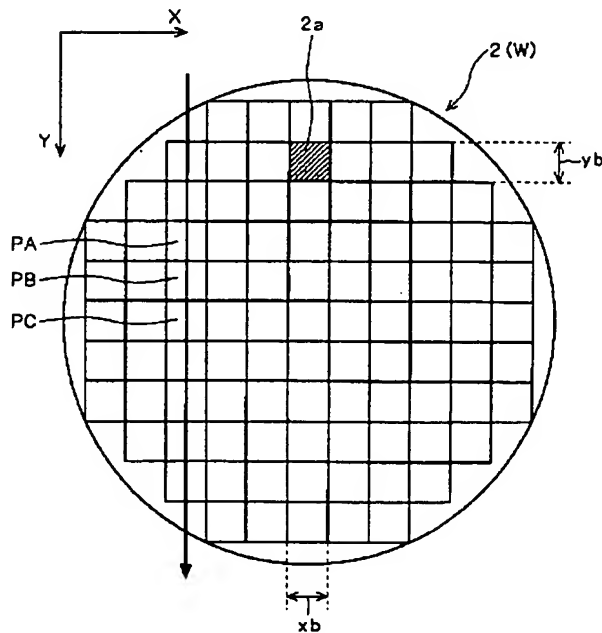
【図1】



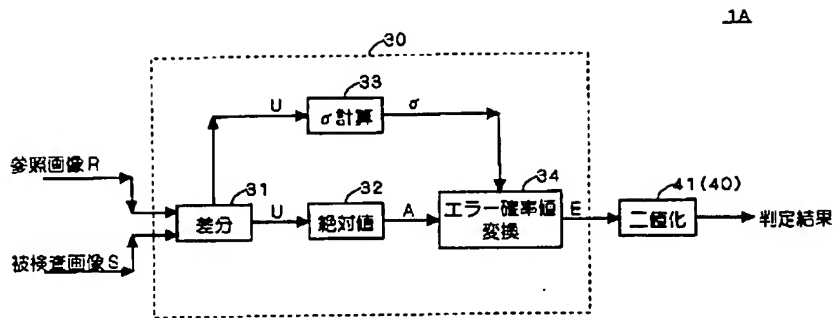
【図10】



【図2】



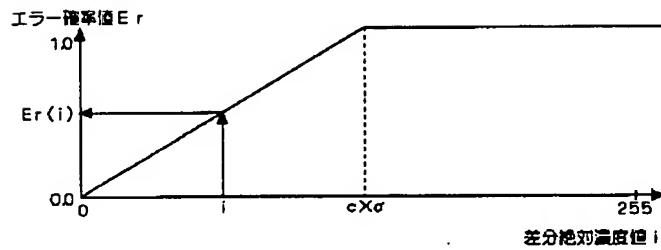
【図3】



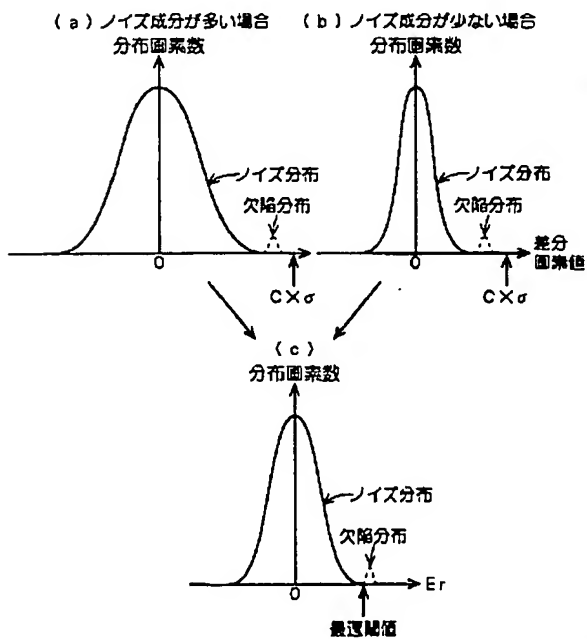
【図11】



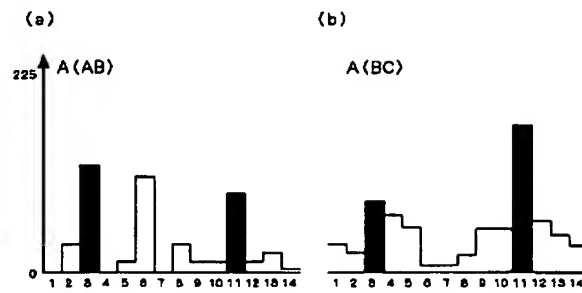
【図4】



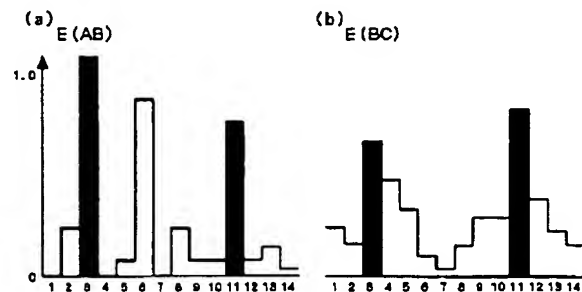
【図5】



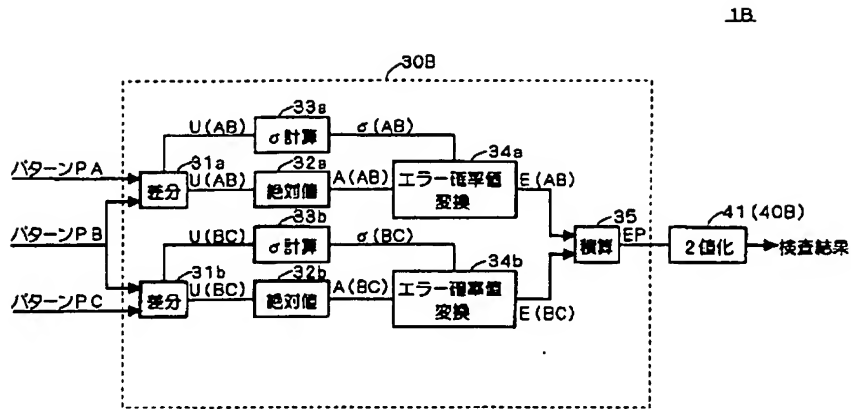
【図8】



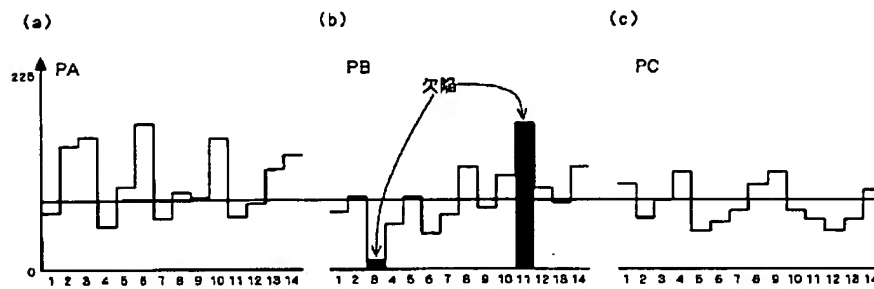
【図9】



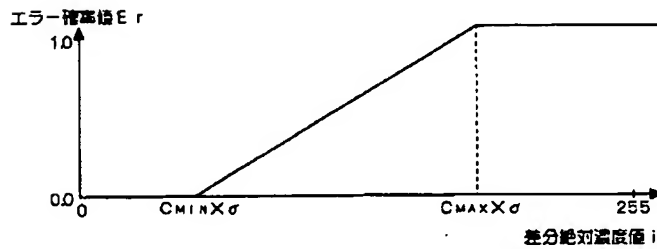
【図6】



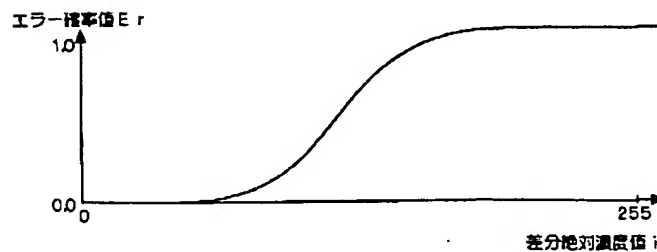
【図7】



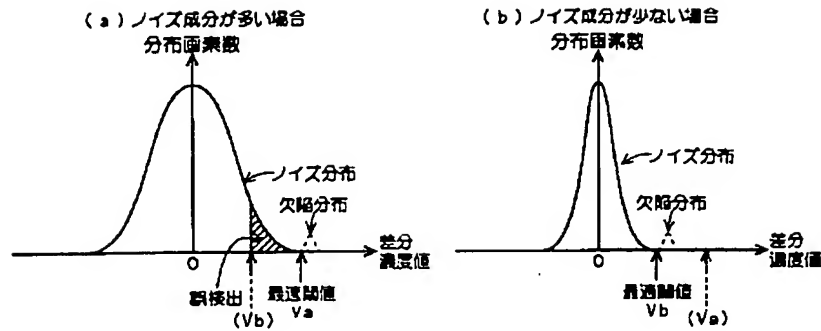
【図12】



【図13】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup> 7/00 識別記号 300 F I G01B 11/24 テーコート' (参考) K

(72)発明者 大西 浩之  
京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神  
北町 1 番地の 1 大日本スクリーン製造株  
式会社内

(72)発明者 吉田 幸司  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株  
式会社ニコン内

Fターム(参考) 2F065 AA49 AA51 BB02 BB03 BB18  
CC01 CC19 CC21 CC25 DD04  
FF04 FF42 JJ02 JJ26 MM03  
PP12 QQ00 QQ03 QQ04 QQ17  
QQ24 QQ25 QQ27 QQ41 QQ42  
RR01 RR06  
2G051 AA51 AA65 AB07 DA07 EA08  
EA12 EA16 EC02 ED09  
5B057 AA03 BA19 CA12 CA16 CA18  
CB12 CB16 CB18 DA03 DA06  
DB02  
5L096 BA03 FA14 FA33 FA34 LA05